IX^e CONGRÈS INTERNATIONAL DE NAVIGATION

DUSSELDORF, JUILLET 1902.

LES FLEUVES
PARANÁ, URUGUAY ET LA PLATA.

LEUR

TOPOGRAPHIE, HYDROGRAPHIE ET NAVIGATION.

MINISTÈRE

DES TRAVAUX PUBLICS DE LA RÉPUBLIQUE ARGENTINE

DÉPARTEMENT DE LA NAVIGATION ET DES PORTS.

COMMUNICATION

PRÉSENTÉE PAR

F. SEGOVIA — E. L. CORTHELL

INGÉNIEURS CIVILS

DÉLÉGUÉS DU GOUVERNEMENT DE LA RÉPUBLIQUE ARGENTINE.

BERNE

IMPRIMERIE STÆMPFLI & CIE.

1902.

PROVINCIA DI TORINO
BIBLIOTECA
Legato Anselmi
OA. - b -
1254

IX^e CONGRÈS INTERNATIONAL DE NAVIGATION

DUSSELDORF, JUILLET 1902.

LES FLEUVES
PARANÁ, URUGUAY ET LA PLATA.

LEUR

TOPOGRAPHIE, HYDROGRAPHIE ET NAVIGATION.

MINISTÈRE

DES TRAVAUX PUBLICS DE LA RÉPUBLIQUE ARGENTINE

DÉPARTEMENT DE LA NAVIGATION ET DES PORTS.

COMMUNICATION

PRÉSENTÉE PAR

F. SEGOVIA — E. L. CORTHELL

INGÉNIEURS CIVILS

DÉLÉGUÉS DU GOUVERNEMENT DE LA RÉPUBLIQUE ARGENTINE.

BERNE

IMPRIMERIE STÆMPFLI & CIE.

1902.

PROVINCIA DI TORINO
BIBLIOTECA

RIO PARANA

DESCRIPTION DES PLANS

1. Considérations générales.

Les levés faits par les ingénieurs des travaux publics entre l'embouchure du Paraná Guazú et Santa-Fé, ainsi que les reconnaissances entreprises entre Santa-Fé et Corrientes sur le Haut-Paraná jusqu'à Itate et sur le fleuve de Paraguay jusqu'à Asuncion, capitale de la République du Paraguay, ont permis d'élaborer les représentations topographiques et hydrographiques contenues dans les cartes et plans actuellement soumis au IX^{e} Congrès de la navigation.

Le Paraná présente, surtout jusqu'à Corrientes, des différences essentielles avec le fleuve de l'Uruguay; il a par places un cours rapide, une grande profondeur et transporte beaucoup de matières solides; aussi fallut-il procéder aux études tout autrement que pour l'Uruguay. Le fait que la navigation a peu à peu pris un grand développement sur le Paraná était une raison de plus pour procéder aux études avec un soin particulier.

Le régime du fleuve comprend deux facteurs étroitement unis entre eux, l'inclinaison de la surface et le débit du fleuve en fonction de sa hauteur au-dessus d'un étiage donné. La solution des divers problèmes que comportent la correction et l'entretien du canal de navigation exige une connaissance approfondie des allures du fleuve. Lors des importantes études entreprises en vue de la

construction d'un port à Rosario, le régime du Paraná, la vitesse de son cours, sa pente moyenne et ses variations furent l'objet d'une attention spéciale.

La détermination de l'axe hydraulique du Rio Paraná fut considérablement facilitée par un excellent nivellement de précision s'étendant jusqu'à Reconquista en aval de Corrientes.

Le plan nº 1 représente le profil en long correspondant au mois de février 1901, obtenu en prenant la hauteur moyenne de chaque limnimètre pendant tout le mois et en faisant passer par ces hauteurs moyennes une courbe continue; les pentes ainsi obtenues correspondent à une hauteur moyenne du fleuve dans laquelle l'action de la marée, flux et reflux, ne se trahit pas, parce qu'elle est éliminée. (Il n'y a pas de flux en amont de Rosario.)

Les pentes les plus importantes entre Rosario et Buenos Aires sont désignées dans le plan. Le profil en long des zéros locaux y est aussi représenté et est destiné à donner une idée des pentes par des eaux très basses, sur la base du zéro adopté pour le Paraná et le Rio de La Plata.

Le plan nº 2 représente les zéros hydrographiques à Diamante et à Paraná; ils ont été observés et notés pendant une période de basses eaux extraordinaires, dont le minimum, observé le 22 novembre 1901, se trouva de 0,13 mètre au-dessous du zéro du limnimètre de Santa-Fé. Le nivellement de précision fut complété et il fut procédé, sur la base des indications qui précèdent, pour toutes les observations à la notation simultanée des hautes et basses eaux du fleuve dans de nombreux ports et stations.

Le but que l'on poursuivait dans ces recherches était de constater la propagation du flux et du reflux dans le Rio de Paraná et de déterminer l'action de ces énormes masses d'eau que le fleuve absorbe et regurgite alternativement. Il fut ainsi possible de reconnaître les causes du recul du Paraná Guazú qui déverse ses eaux dans le Paraná Bravo. Il résulta des études faites à ce sujet que cette situation s'explique par la combinaison de la marée et du moment de la marée de l'Uruguay et du Rio de La Plata, attendu que l'influence du premier sur le Bravo avant sa séparation d'avec le Guazú est plus considérable que l'action de la marée montante qui, venant du La Plata, pénètre par le

Paraná Mini. Eu égard à cette circonstance, il est très difficile de déterminer un plan de repère pour le Rio Paraná, son niveau étant ainsi anormalement affecté et le problème se compliquant encore des facteurs ci-après:

1° Marée et moment de la marée propre au Rio Paraná;

2° Marée du Rio de La Plata qui, dans les temps ordinaires, fait sentir son action jusqu'à San Pedro et même jusqu'à San Nicolas quand les eaux sont basses.

3° Crues de l'Uruguay qui se font sentir jusqu'à la bifurcation du Bravo et du Guazú, c'est-à-dire jusqu'à 30 kilomètres en amont de l'embouchure du Guazú.

On décida donc de prendre pour zéro des cartes du Rio de Paraná depuis La Plata jusqu'à Santa-Fé et comme marque du niveau le plus bas à chaque point la hauteur de un mètre en dessus du zéro de Rosario, le Rio Urugay étant à 0 à Conception et au moment d'un reflux marqué 0 au limnimètre de Buenos-Ayres.

Il est important de connaître la quantité de matières solides entraînées par le Rio Paraná, et l'on a fait à cet égard des recherches détaillées dont les principaux résultats sont consignés dans le tableau ci-après, qui indique en grammes la quantité de matières en suspension dans l'eau.

Mois	Rosario	Villa Constitucion	Km. 6 canal méridional de Buenos Aires	Uruguay	Santa-Fé	Campana
1900						
Novembre .	—	57	100	15	59	96
Décembre .	—	40	82	22	53	68
1901						
Janvier. . .	—	83	116	14	88	114
Février. . .	—	141	149	12	192	131
Mars . . .	—	171	238	11	233	179
Avril . . .	—	114	310	18	141	133
Mai. . . .	92	47	139	25	95	95
Juin. . . .	81	41	109	57	107	61
Juillet . . .	61	39	71	44	62	42

Voici les résultats trouvés pour quelques autres fleuves importants :

Fleuves	Matières entraînées, en grammes par mètre cube d'eau		Moyenne annuelle
	Minimum	Maximum	
Mississipi	200	1800	799
Danube	100	1100	283
Pô	—	—	1380
Rhône	—	—	870
Gange	—	1493	—
Bramapoutre	—	5000	—
Nil	—	1580	—

On voit par ce tableau que les eaux du Rio Paraná entraînent avec elles beaucoup moins de matières que celles des autres grands fleuves ci-dessus. Ce que le Paraná tient en suspension, c'est un sable fin d'un jaune foncé et dont les grains ont au plus 0,01 à 0,02 millimètres de diamètre.

2. Navigation.

Grâce aux nombreux ports échelonnés sur les rives du Rio Paraná, la navigation sur ce fleuve augmente continuellement. Sans parler de nombreux lieux de débarquement, nous trouvons en remontant le fleuve les ports de San Pedro, San Nicolás, Villa Constitucion, Rosario, San Lorenzo, Diamante, Santa-Fé, Colastiné et Paraná. Les indications suivantes, qui ne sont pas sans intérêt, prouvent la grande importance prise par la navigation.

En 1899, le nombre des vaisseaux entrés dans le port de Rosario et annoncés à la douane s'éleva à 4834, celui des bateaux de cabotage à 3474. Le tonnage enregistré des vaisseaux entrés et déclarés accuse les chiffres suivants : 1881, 802,299 tonnes ; 1893, 2,432,000 tonnes ; en 1899, 3,300,000 tonnes, soit le quadruple du chiffre de 1881 ; et ce progrès considérable s'est réalisé en 18 ans. Le cabotage se chiffrait en 1881 par 600,000 tonnes et en 1899 par 1,245,000 tonnes. Le progrès est relativement

encore plus considérable pour les navires venus d'outre-mer. En 1881, leurs cargaisons représentaient 200,000 tonnes; en 1889, 1,362,000 et en 1899 1,963,000 tonnes. Le port de Colastiné accuse aussi un mouvement très important; son exportation annuelle est de 600,000 tonnes en chiffre rond.

On voit par ce qui précède la grande importance de la navigation sur le Rio Paraná. Actuellement, les seuls vapeurs qui puissent arriver jusqu'à Rosario sont ceux qui ne tirent pas plus de 23 1/2 pieds; ceux d'un tirant plus considérable en sont empêchés par l'insuffisance de profondeur de la passe de St-Martin au fond de la baie de La Plata.

3. Division du Rio Paraná.

On divise le Rio Paraná, sous le rapport de la navigation, en 5 sections :

1re *section.* Paraná inférieur, depuis l'embouchure du Guazú jusqu'à Rosario (cartes 3 et 4).

2e *section.* Paraná moyen, depuis le port de Rosario jusqu'à Santa-Fé (carte 5).

3e *section.* Paraná supérieur, de Santa-Fé à Corrientes (cartes 6, 7 et 8).

4e *section.* Haut Paraná, depuis son embouchure à 40 kilomètres en amont de Corrientes jusqu'à Posados (carte 9).

5e *section.* Rio Paraguay, depuis son embouchure jusqu'à Asuncion (cartes 10 et 11).

A proprement parler, le Rio Paraguay ne rentre pas dans cette division, mais comme nous ne le connaissons que par la reconnaissance qu'en a faite l'ingénieur Donselaar, nous le faisons aussi figurer ici.

4. Paraná inférieur.

Les navires à destination de Rosario ou d'autres ports du Rio Paraná, qui viennent de Buenos Aires ou directement de l'Océan, doivent prendre le Nouveau Canal (las Limetas) en suivant la ligne tracée en rouge sur la carte nº 12 et marquée par des balises à

fanaux. Après avoir franchi ce canal qui n'a, à la marée basse, que 19 pieds d'eau et 21 à 23 pieds à la marée haute, les navires peuvent utiliser soit le Guazú, soit le Bravo ; les deux routes sont pourvues sur tout le parcours de balises à fanaux, comme cela est indiqué dans la carte nº 12.

Tout le Paraná inférieur, sauf la majeure partie du Paraná de las Palmas, a été relevée (voir les cartes nºs 3 et 4). Les observations ont constaté que c'est par le Bravo et non par le Guazú que s'écoulent surtout les eaux du Paraná, car, tandis que le débit du premier est de 7000 mètres cubes par seconde, celui du Guazú n'est que de 6000 mètres cubes par seconde. Il résulte de ces constatations que, pour entrer dans l'Uruguay ou en sortir, il est préférable de prendre le Bravo et c'est pourquoi cette partie du problème a été résolue par l'installation de balises à fanaux, la route par le Bravo évitant l'obstacle de la barre de Paloma (voir carte nº 12) ainsi que le Portugues (voir carte nº 13 pour le relevé détaillé de La Paloma où il n'y a que 19 pieds d'eau à la marée basse). La profondeur est suffisante depuis la barre de la Paloma jusqu'à San Pedro.

A Ramallo (carte nº 4) se trouve la passe Los Hermanos où le fleuve a 20 pieds d'eau au zéro du limnimètre. En relevant tout le lit du fleuve dans les environs de cette passe, on a constaté que le bras gauche, derrière l'île Martin Garcia nº II, est beaucoup plus profond que le canal principal, de sorte que lorsque ce bras aura été pourvu de balises, l'on ne risquera plus de s'ensabler. On trouvera les détails dans la carte nº 14.

En amont de ce point se trouve la passe de Paraguayo (carte nº 15) qui ne présente quelque difficulté que par des eaux extrêment basses à cause de bas-fonds, formés par les bateaux à vapeur qui ont touché au fond. Cette passe a été pourvue de balises, mais à titre provisoire seulement, à cause des variations continuelles du lit et de l'impossibilité de maintenir invariable le passage à travers la barre.

Continuant à remonter le fleuve, on rencontre à 15 kilomètres avant Rosario la passe d'Alvear (carte nº 16) où aux basses eaux la profondeur est de 10 m., mais le chenal est si étroit que l'on ne le franchit qu'avec peine.

Nous nous sommes quelque peu étendus sur la description du Paraná inférieur, parce que le grand nombre des ports que présente cette partie du fleuve lui donne une importance particulière pour la navigation.

L'étude du lit de la partie du fleuve située en face de Rosario a montré qu'il existe déjà dans le port des bas-fonds et des barres. Le port est en outre menacé par le déplacement des îles. Il est prouvé que l'île d'Espinello, située directement en face de la ville, descend le cours du fleuve en parcourant à peu près 100 mètres par an. Cette île est longue de 4 kilomètres et s'est déplacée de toute sa longueur dans le courant des 50 dernières années.

Il est en outre résulté des levés et des recherches que les variations de niveau du Paraná sont régies par une loi tout à fait déterminée, embrassant cinq périodes, une de 18 ans avec amplitude de 1 mètre, une seconde avec amplitude de 1,20 m., une troisième avec amplitude de 35 ans, ensuite une année solaire et une année lunaire ayant une amplitude la première de 2,70 m., la seconde de 1,40 m. On a conclu de cette loi que si l'on donne aux murs une hauteur de 8 mètres, il n'y aura plus d'inondation à craindre.

Ces déductions, combinées avec les résultats d'études sur le fond de la rivière au moyen de nombreux sondages, ont fourni la base du projet de construction d'un port à Rosario qui prévoyait 3750 mètres de digues se raccordant à celles que l'Etat a déjà fait construire, et qui devaient courir parallèlement au fleuve. Le projet comprend, en outre, la correction du fleuve en face de la ville, la consolidation des îles Espinellos et Francés par la protection de leurs extrémités au moyen de constructions en fascines, de travaux de défense au moyen de fascines, de pièces de bois et de digues noyées pour empêcher l'élargissement des canaux qui écoulent actuellement l'eau du chenal de Rosario et règlent ainsi la pente.

L'on se propose non seulement de construire des digues solides pour la grande navigation, mais aussi des installations très avantageuses pour le cabotage. Les plans prévoient tout l'outillage d'un port de mer de premier ordre, bâtiments de diverses destinations, magasins, élévateurs de grains, voies ferrées, chantiers, chemin de fer sous-marin pour navires de 1000 tonnes, grues

hydrauliques et électriques, raccordement avec les chemins de fer touchant Rosario, éclairage électrique, etc. A la suite d'un concours, la concession pour la construction et l'exploitation du port fut accordée pour 40 ans aux maisons Hersent et Schneider & Cie au Creuzot.

5. Paraná moyen.

La carte nº 5 est une représentation générale basée sur un lever général du fleuve depuis Rosario à Santa-Fé. Cette partie du fleuve s'appelle le Paraná moyen. La correction fluviale est facile sur ce parcours. Pour établir un chenal, profond de 19 pieds quand l'eau est au zéro du limnimètre, et large de 100 mètres, il suffit de draguer cinq bas-fonds ou barres. D'après une évaluation approximative, la quantité de matériaux à enlever serait d'environ 1,500,000 mètres cubes se répartissant comme suit:

Horzada de Nogoya . . .	220,000	mètres cubes,
Banco grande	65,000	» »
Paso de los Carboneros . .	666,989	» »
Paso del Tragadero	182,364	» »
Banco della Paciencia . . .	403,209	» »
Total	1,537,662	mètres cubes.

L'étude de cette partie du fleuve avait pour but de relever d'abord les mauvais passages et de remédier aux inconvénients existants, puis de réunir ces levés isolés par d'autres entre les mauvais passages et les endroits où il y a assez d'eau et un bon chenal. On pensait que l'exécution de ce plan est ce qui répondrait le mieux aux intérêts de la navigation.

Quoique les recherches faites jusqu'à aujourd'hui sur cette partie du fleuve suffisent pour nous donner une idée générale de son cours (voir la carte nº 5), il n'est pas encore possible, au moyen des résultats acquis, de déterminer en détail les rives ou les points où il faudrait installer des balises. Le réseau de triangulation commencé à Santa-Fé, lors des études pour le port de cette localité (voir carte nº 17), fut, par conséquent, continué et étendu en amont de Colastiné jusqu'à Diamante (carte nº 18). Ce réseau

principal fut ensuite rempli de petits triangles servant à déterminer les détails des rives et les courbes des profils des chenaux du fleuve.

Les sondages obtenus sont réduits au niveau des plus basses eaux qu'on a pu déterminer à Santa-Fé au moyen du nivellement de précision et des observations minutieuses des limnimètres. Le niveau de l'eau la plus basse de tout le Rio Paraná se rapporte à la hauteur de l'eau à Rosario; ce zéro est à un mètre au-dessus du zéro de Rosario, ce qui correspond à une hauteur de 2,14 m. au-dessus du zéro des ouvrages du Riachuelo à Buenos Aires. Le zéro de Santa-Fé est à 8,44 m. au-dessus du zéro du Riachuelo.

Les trois mauvaises passes entre Santa-Fé et Diamante sont Banco de la Paciencia, Paso del Trogadero et Paso de los Carboneros. La première n'a que 13 pieds de profondeur et a été pourvue de balises Spar de l'Amérique du Nord. Les deux autres passes (carte n° 19) ont à peu près la même profondeur et ont été balisées de la même manière, mais avec adjonction de tiges et de points sur la rive. La passe del Trogadero est facile à baliser, car elle ressemble par sa forme, ainsi que cela résulte de la carte, à toutes les barres du Rio Paraná où le bras principal est partagé par une île, disposition qui facilite les dépôts de sable. Le courant doit passer d'une rive à l'autre et il en résulte deux canaux profonds séparés par un banc intermédiaire. La barre de los Carboneros devra être enlevée à la drague.

La carte n° 20 donne le détail de la topographie entre Rosario et San Lorenzo. Dans cette partie du cours du fleuve, les rives de la province de Santa-Fé sont formées de berges abruptes, au pied desquelles l'eau est en général profonde. On a profité de cette configuration pour créer un grand nombre de ports et d'embarcadères pour l'embarquement des céréales que l'on met dans des sacs qui glissent par des coulisses jusque sur le pont du navire.

La navigation sur cette partie du Paraná ne présente aucune difficulté, attendu que l'eau étant à zéro du limnimètre, il y a partout plus de 14 pieds d'eau.

6. Le Paraná supérieur.

Les cartes 6, 7 et 8 ont été dessinées en utilisant les travaux de reconnaissance des ingénieurs du Ministère des Travaux publics, à l'échelle de 1 : 100,000, de sorte que l'on peut se faire une idée approchée des détails topographiques et hydrographiques. Les sondages correspondent au zéro adopté pour ces cartes, lequel, comme on l'a dit plus haut, représente, comparé aux autres parties du Rio Paraná un niveau de basses eaux situé à un mètre au-dessus du zéro du limnimètre de Rosario. Les nivellements de précision exécutés jusqu'à Reconquista nous ont permis de déterminer exactement la hauteur du zéro entre Paraná et Goya. Il a été calculé par interpolation pour le parcours entre Goya et Corrientes.

Le seul projet rationnel de canal pour cette partie du fleuve consiste à draguer un chenal large de 100 m. et ayant jusqu'à 10 pieds de profondeur, destiné à ne recevoir que des vapeurs. Un canal capable de porter aussi des navires à voiles serait trop onéreux pour la République Argentine, attendu qu'il exigerait le déblaiement d'environ 30,000,000 mètres cubes de matériaux. Il serait en outre très douteux qu'un canal de ce genre pût être maintenu ouvert à la circulation, à cause des fréquentes et considérables variations du lit du fleuve. Un canal profond de 10 pieds est en rapport avec les ressources du gouvernement; avec cette profondeur, quand l'eau est à zéro du limnimètre, il y aura toujours, à quelques rares exceptions près, 12 pieds d'eau. Les navires à vapeur qui marchent sur cette partie du fleuve ne tirent que 9,5 à 10 pieds au plus. Les matériaux à enlever pour établir ce canal de 10 pieds cuberaient environ 4 millions de mètres et pourraient facilement être enlevés par une drague aspirante: ils ne se composent guère que de sable désagrégé: il n'y a nulle part des rochers et l'argile ne se rencontre qu'en faible quantité. On ne trouve pas non plus les troncs d'arbres si fréquents dans le Mississipi, qui sont si difficiles à extraire et qui sont un obstacle si grave aux dragages. Les dragues «Iota», qui ont donné des résultats si satisfaisants dans les travaux de dragage entrepris dans le Mississipi

dans des circonstances analogues pour l'enlèvement de matériaux semblables, seraient très utiles et efficaces.

Il y a de très nombreux mauvais passages entre Paraná et Corrientes; ils sont tous indiqués dans les cartes 6, 7 et 8, et les sondages y ayant été reportés, on voit clairement la hauteur des eaux à l'étiage.

7. Le Haut-Paraná.

Entre son embouchure, à 40 km. en amont de Corrientes et Posadas, le Haut-Paraná présente des conditions absolument différentes de celles qui ont été décrites plus haut. A partir de l'embouchure de l'Ituzaingo en aval de Salto grande (grande chute, carte n° 21) la profondeur aux basses eaux est de 6 pieds, et les bateaux dont le tirant est moindre ne rencontrent pas d'obstacles; mais au-dessus de ce point commence une série d'arêtes rocheuses qui, lors des basses eaux, provoquent la formation d'étangs, et rendent le chenal très sinueux. Au premier aspect, il semblerait qu'il fût très facile de naviguer jusqu'à Posadas en corrigeant le Salto grande, mais le fait est qu'il y a encore beaucoup d'autres rocs et mauvaises places où, aux basses eaux, le chenal est encore plus tortueux, le courant plus rapide et la profondeur moindre qu'au Salto grande. Ces obstacles se répartissent sur une longueur de plus de 40 km. et, lors même qu'on améliorerait la situation à Salto grande en redressant et en approfondissant le chenal, de même qu'en employant des câbles et des bateaux toueurs, l'on n'aurait remédié qu'en partie au mal. On peut même admettre avec assez de raison que les mesures proposées augmenteraient la rapidité du courant, mais diminueraient la profondeur en amont de Salto grande, ce qui serait plus nuisible qu'utile à la navigation.

On pourrait peut-être étudier la construction d'un barrage avec écluse à travers le Salto grande si l'on ne se heurtait à l'obstacle insurmontable de frais excessifs. Nous en dirons autant du projet de creuser à travers le pays un canal de 21 km.; celui-ci exigerait aussi des écluses: d'ailleurs cela ne lèverait pas les obstacles dont le fleuve est semé en divers endroits au nord de l'écluse projetée.

Dans l'étude d'un projet de ce genre, il faut rechercher quelle est la valeur et l'importance de la navigation au profit de laquelle on l'exécuterait. Or, le tonnage annuel n'est que de 26,000 tonnes environ. Toute taxe, même minime, dont on grèverait ce faible trafic pour payer l'intérêt et l'amortissement du capital que l'on affecterait à une amélioration suffisante, ne manquerait pas de ruiner complètement ce commerce. Il ne reste donc autre chose à faire que d'adapter la navigation à la situation actuelle, c'est-à-dire qu'il faut employer deux sortes de bâtiments; les uns avec un chargement de 150 tonnes et ne tirant que 9 pieds environ, quand ils ont leur charge complète, que l'on utiliserait lorsque les eaux sont hautes, les autres ne tirant que 4 à 4 1/2 pieds, pouvant charger 80 tonnes environ, qui marcheraient lorsque les eaux sont basses. Ces vapeurs seraient à roues latérales, mais chaque roue aurait son arbre et sa machine, afin de pouvoir tourner avec facilité les écueils dont le lit du fleuve est parsemé; de plus, ils ne devraient être conduits que par les pilotes les plus experts, tels que ceux qui naviguent actuellement sur le fleuve.

En amont de Posadas, il n'y a pas d'obstacles sur une grande distance jusqu'à ce qu'on arrive aux environs des grandes cataractes de l'Iguazú.

RIVIÈRE DE L'URUGUAY

DESCRIPTION DES CARTES ET PLANS

1. Observations générales.

LES descriptions topographiques et hydrographiques qui figurent dans les plans présentés actuellement au IX[e] Congrès de navigation ont été rédigées d'après les levés exécutés entre Nueva Palmira et Concordia et les reconnaissances opérées entre ce dernier endroit et Santo Tomé. Bien que les observations concernant la rapidité, la propagation des marées, etc. etc., ne soient pas encore terminées, les résultats obtenus jusqu'ici suffisent cependant pour permettre d'élaborer un plan approximatif de correction.

Les échelles placées en différents endroits de la rivière n'ont pas seulement confirmé l'hypothèse que la marée se fait sentir jusqu'à Concepcion del Uruguay mais ont permis d'en déterminer la hauteur et la régularité.

Bien que la ligne exacte du niveau jusqu'à cet endroit ne soit pas encore parfaitement établie, il a cependant été possible, pendant une période exceptionnelle de basses eaux qui s'est produite de décembre 1900 à mai 1901, d'établir la pente générale de la rivière. Afin d'obtenir ce résultat important on a pris pour base les observations du mois de février et les chiffres des échelles placées entre Nueva Palmira et Estancia Humaitá.

En admettant que le lieu géométrique de la haute marée représente un plan horizontal, supposition admissible pour une rivière de faible pente, on a considéré les données maximales des échelles comme une droite inclinée en aval. Après avoir de cette manière

obtenu les points extrêmes, on a déterminé les différences des zéros des différents limnimètres, en les raccordant tous au zéro de Nueva Palmira qui est de 0,20 m. inférieur à celui de Riachuelo (voir plan nº 1).

Il a été constaté que les zéros de «Isla Sanzal», «Banco Grande» et «Uruguay» se trouvaient à 0,40 soit 0,54 m. au-dessus de celui de Nueva Palmira (voir plan nº 2).

On a aussi établi la moyenne des marées basses à tous les limnimètres et obtenu le lieu géométrique des plus basses eaux, ce qui fait que grâce aux deux plans pour la haute et pour la basse marée on a pu en déterminer les variations pour chaque station.

Après avoir établi les différences existant entre les zéros des différents limnimètres, et levé une ligne directe de niveau entre Estancia Humaitá et Nueva Escocia, la déclivité a été calculée. On a pu, en admettant une vitesse moyenne de 0,15 m. entre ce dernier point et le Corralito, et par un nivellement direct de la chute du Corralito, dont la hauteur est de 0,400 m., calculer la pente moyenne approximative de la rivière entre Concordia et Palmira et ensuite établir son profil en long (voir plan nº 2).

On pourra facilement reconnaître, à chaque station, au moyen de ce profil en long de la rivière et des profils instantanés des marées les plus hautes, des marées ordinaires et des marées extraordinaires, la marche des ondes de marée.

Les ondes de marée observées sont indiquées sur le plan nº 3 pour chaque station en séparant soigneusement les marées ordinaires et les marées extraordinaires.

Il semble ressortir de l'examen approfondi de ce plan, que près de Nueva Palmira la première marée est plus forte que la seconde et que ces deux marées ne se confondent qu'à leur entrée dans la rivière Uruguay.

Souvent il n'y a qu'une seule marée haute. Parfois la marée ne se fait pas sentir pendant plusieurs jours, ce qu'il faut attribuer à l'action des vents.

On a aussi observé que par suite d'ondes de marée à l'époque des marées basses, il s'écoule une plus grande quantité d'eau que pendant les marées hautes, contrairement à ce qui arrive lors des marées exceptionnelles, où la rivière en deux ou trois jours, pendant

la marée haute, revient à son niveau normal, circonstance qui est toute en faveur de la navigation pendant les périodes de basses eaux.

En ce qui concerne les ondes de marée spécialement, il a été observé que les marées ordinaires uniquement produites par l'attraction de la lune sans l'influence des vents s'arrêtent à la hauteur de Nueva Escocia (hauteur de 6 à 10 cm. au plus), tandis que les marées exceptionnellement fortes influencées par les vents du 2e et 3e quadrants arrivent jusqu'à Concordia et atteignent dans ce port une hauteur d'un mètre.

Les pentes des différents niveaux observés dans chaque section de la rivière ont aussi été déterminées (voir plans nos 1 et 4).

La pente moyenne constatée lors des marées moyennes est, entre Concordia et Nuova Escocia, d'environ 0,06 mètres par kilomètre et entre Banco Grande et Fray Bentos d'environ 0,015 mètres par kilomètre.

Les observations hydrométriques sont complétées par les observations météorologiques qui se font à Concepcion del Uruguay (voir plan n° 5).

Il résulte de ces observations que les vents dominants suivent en général la direction du fleuve.

Afin de déterminer les différentes vitesses du courant de la rivière, il a été adopté dans les différentes stations hydrométriques des profils transversaux.

Le plan 6 contient le dessin des courbes d'écoulement ainsi que celui des maximums et des minimums de vitesse observés pendant les hautes eaux dans le port de Concepcion del Uruguay.

Le terrain le long de la rivière Uruguay est solide et très résistant contre les effets du courant, c'est pourquoi les canaux sont relativement stables.

Le lit de la rivière se compose en général de sable, cependant il se trouve dans le bas Uruguay, entre l'embouchure du Rio Negro et Fray Bentos, de grandes sections de vase molle, surtout dans un bas-fond appelé très justement par les marins « El Barrial ». De même dans les anses et petits canaux jusqu'à Concepcion del Uruguay, le fond se compose de vase. Au-dessus de ce point se trouve fréquemment du gravier. Sur la section située entre Nueva Escocia et Concordia il forme la règle.

Les bas-fonds composés de gravier, de 3 à 5 cm. de diamètre, se trouvent surtout aux endroits de la rivière où le sous-sol est dur et n'est pas attaqué par le courant. Il se produit alors des arêtes en travers du lit ensuite de quoi se produisent pendant les basses eaux des bas-fonds et des rapides. Ce matériel se rencontre souvent en agglomérations et en ces endroits le courant est très fort.

Le poids du sable trouvé dans le lit de la rivière est d'environ 1550 kg. par mètre cube. Là où le sable n'a pas encore commencé à s'agglomérer, il peut être facilement enlevé au moyen de dragues aspirantes avec une vitesse de 3,50 m. par seconde.

Le poids spécifique du sable suffit à le faire rapidement parvenir dans les récipients de la drague sans trop de déperdition.

Les pierres et rochers qui se rencontrent dans la rivière de l'Uruguay se subdivisent en deux groupes:

1° Celui qui a pour origine les couches supérieures du terrain, tombe dans la rivière par suite d'affouillements et descend ensuite jusqu'à la place où il se trouve maintenant.

2° Celui qui appartient aux couches plus profondes et forme des couches compactes et solides.

Le premier groupe se compose en général de molasse, laquelle, par suite des raisons indiquées ci-dessus, se rencontre sous forme de roches désagrégées, en tas, qui sont enlevés sans difficultés.

Le second groupe consiste aussi en molasse. La pierre dont se compose le Corralito est un conglomérat calcaire dont les parties molles ont été dissoutes, tandis que les parties plus résistantes sont devenues extraordinairement dures et irrégulières et rendent ainsi la navigation difficile et dangereuse.

2. Navigation sur l'Uruguay.

Jusqu'à San Francisco la navigation sur cette rivière est une navigation maritime; à partir de ce point et jusqu'à Concordia par-contre, elle est fluviale. La navigation maritime employe des vaisseaux de 700 à 1,000 de tonnage, et d'un tirant maximal de 18 pieds.

Le passage de «Barrial» en aval de Fray Bentos constitue un obstacle sérieux pour les vaisseaux d'un fort tirant, bien qu'il puisse être dragué de 2 pieds, attendu que sa profondeur n'est que de 17 pieds.

Le service de cabotage s'effectue au moyen de bateaux à vapeur d'une construction spéciale à cale profonde et de remorqueurs-allèges.

La navigation au moyen d'allèges est la moins couteuse, attendu que ces dernières peuvent charger 300 et jusqu'à 600 tonnes et sont remorquées par un vapeur sur lequel ne se trouvent que le capitaine et 4 hommes. Elles servent surtout au transport du blé et des produits des « Saladeros » et ne vont ordinairement pas plus loin que Colon, surtout celles dont le tirant d'eau est de 15 pieds.

Les petits caboteurs à voiles sont très nombreux; leur tirant d'eau est de 6 à 8 pieds.

Les bateaux à vapeur de rivière ne peuvent atteindre Concordia que si l'échelle de ce port indique une hauteur d'au moins 2,5 m.

Pendant les années 1898, 1899, 1900 et pendant la première moitié de l'année 1901, le nombre des jours où les chargements ont du être transbordés sur des allèges pour atteindre Concordia ou en être expédiés, est de 76, 48, 149 et 142.

Les caboteurs de 1,70 m. de tirant d'eau ne peuvent franchir le bas-fond de Chapicui que si le limnimètre de Nueva Escocia indique au moins 0,80 m.

Pendant l'année 1900 le passage a été impossible pendant 29 jours et dans la première moitié de l'année 1901 pendant 63 jours. Dans cette dernière période le niveau des eaux a été pendant 23 jours et sans interruption inférieur à la cote indiquée ci-dessus. Il y a eu des jours où au passage de Chapicui toute navigation en général était interrompue et ou les voyageurs ont dû être transportés plus loin au moyen de petits canots.

Les cotes les plus basses se produisent parfois à l'époque de l'exportation des céréales, ce qui a pour effet de porter un préjudice considérable à la navigation et surtout au service de cabotage.

Le trafic annuel d'importation et d'exportation avec les ports de la République Argentine seule est estimé à environ 350,000 tonnes. Le trafic augmenterait considérablement par suite d'une amélioration fondamentale de l'état actuel de la rivière, attendu que beaucoup de marchandises qui, maintenant sont expédiées au Brésil par les chemins de fer de l'Uruguay, reviendraient au mode de transport par bateaux.

Il ressort clairement de toutes les circonstances ci-dessus mentionnées, que la pente de la rivière est à peine sensible, que la marée haute arrive jusqu'au port de Concordia et que sans cette condition, il serait pendant plusieurs mois de l'année impossible aux navires d'un tirant d'eau supérieur à un mètre d'atteindre le port de Concordia.

Par les mêmes raisons il n'y aura pas à craindre que le draguage des différents bas-fonds n'occasionne un abaissement du niveau de la rivière. La seule chute bien distincte se trouve près de Corralito, mais comme nous le verrons plus tard, quant aux améliorations prévues, il ne s'agit uniquement que d'une correction sans élargissement proprement dit de cette section de la rivière. Et du reste, si par de basses eaux il se produisait un abaissement du niveau plus sensible qu'aujourd'hui, il n'en résulterait aucun inconvénient pour le port de Concordia vu qu'il n'y a été construit aucun ouvrage et que vers la rive vis-à-vis, la rivière a une profondeur de 25 m.

3. Sections de la rivière Uruguay.

La rivière Uruguay a été subdivisée comme suit en zones ou sections, selon les différents régimes et les conditions de navigation:

1° *L'Uruguay inférieur*, à partir de son embouchure dans le Rio de la Plata en amont de Nueva Palmira, jusqu'à Concepcion del Uruguay. Longueur 180 km. (voir plans 7 et 8).

2° *L'Uruguay moyen* de Concepcion del Uruguay jusqu'à Salto Chico, immédiatement au-dessus de Concordia. Longueur 160 km. (voir plans 9 et 10).

3° *L'Uruguay supérieur*, de Salto Chico jusqu'à Santo Tomé. Longueur 425 km. (voir plan n° 11).

4. L'Uruguay inférieur.

L'Uruguay inférieur a pour sa part été scindé en deux parties qui sont sensiblement différentes l'une de l'autre, la première dès son embouchure jusqu'à Gualeguayuchú et la seconde de Gualeguayuchú jusqu'à Concepcion del Uruguay. La première partie a une longueur de 93 km. et une largeur de 8 à 12 km. Elle forme

un grand lac traversé par un canal. Ce canal a une profondeur suffisante, mais parcontre sa largeur est parfois très faible en comparaison de la largeur totale de la rivière. Cette circonstance, ainsi que les sinuosités du canal dont les berges sont souvent très abruptes gênent la navigation non seulement pour les navires mais aussi pour les caboteurs. Les navires ne traversent jamais cette section pendant la nuit mais bien les bateaux à vapeur de rivière, afin de pouvoir ensuite passer de jour les parties difficiles de l'Uruguay moyen. Beaucoup de caboteurs passent aussi cette section de nuit, mais seulement lorsqu'ils ont de très bons pilotes. Pour cela l'emploi continuel de la boussole est nécessaire et des sondages doivent être faits de temps à autre.

Sur toute cette partie de la rivière la marée se propage d'une manière uniforme, comme cela à lieu à La Plata; l'eau s'élève ainsi au moins deux ou trois fois par semaine, à des époques de basses eaux, de deux ou trois pieds au-dessus de son niveau ordinaire, ce qui faits que les bas-fonds indiqués sur la carte augmentent d'autant. En examinant le plan nº 8 on voit distinctement la route à suivre pour la navtgation, de sorte qu'il ne nous parait pas nécessaire d'entrer dans les détails plus circonstancées.

Quand on a passé le dernier bras du Rio Negro, le canal se subdivise en deux canaux dont l'un est nommé «de los Ingleses» et l'autre «de los Caracoles». Les vaisseaux de fort tirant d'eau et les vapeurs de rivières utilisent le premier. L'entrée en est très étroite, 2,50 m. à peu près, mais s'élargit bientôt aussitôt qu'on s'approche de la baie située près de l'embouchure du Rio Gualeguaychée; la profondeur varie entre 20 et 24 m.

Le canal de Caracoles est utilisé par les caboteurs de faible tirant d'eau par la raison que la navigation par suite de voisinage de la côte y est plus faciles. La profondeur à l'entrée nord est d'environ 5 pieds. Le cours du canal ne figure pas sur la carte; il n'a pas été possible jusqu'ici d'en exécuter des levés parce que les vapeurs utilisés par les ingénieurs avalent un trop fort tirant d'eau.

En continuant la route on remarque que les barres du côté de l'Argentine se composent souvent de vase molle, tandis que ceux qui sont du côté de l'Uruguay sont formés de sable et de «tosca». Vis-à-vis de Gualeguaychée se trouve le «Barrial» mentionné plus haut.

fn
control

La carte anglaise indique pour cette barre un minimum de profondeur de 17 pieds, par la raison que pendant les marées ordinaires et par suite du fait qu'un bateau à vapeur peut facilement entamer le sol mou jusqu'à une profondeur d'un pied, il y a effectivement en général une profondeur de 17 pieds.

Cette barre sera prochainement draguée jusqu'à une profondeur de 17 et peut-être même de 19 pieds pendant les basses eaux. Alors, dès que les *bouées lumineuses* indiquées sur le plan 7 auront été posées, les conditions d'une bonne navigation ne laisseront plus rien à désirer sur cette section longue de 93 km.

La seconde partie, d'une longueur de 12 km. est toute différente de celle-ci.

Immédiatement au-dessus de l'embouchure du Rio Gualeguaychú commence la formation d'îles qui, plus on s'avance en montant le cours du fleuve, deviennent de plus en plus nombreuses. A « Las Tres Bocas » elles forment un delta large d'environ 12 km., entrecoupé de baies et de bras de fleuve, et qui parfois est entièrement recouvert par les eaux.

Cet état de choses est favorable à la navigation, attendu que les bancs de sable fournissent plusieurs points de repère permettant aux pilotes de diriger leurs navires. La pente de la rivière présente déjà des différences sensibles. La plus forte pente observée à la marée haute est de 467 mm. par kilomètre. La pente moyenne entre Fray Bentos et Banco Grande est de 19 mm. et celle entre ce dernier point et Concepcion del Uruguay est de 35 mm. environ (voir plan n° 8).

La vitesse moyenne observée au passage de Banco Grande est de 0,714, le maximum de 1,19 m. par seconde, et par un niveau de 2,70 m. au-dessus de zéro.

Aux endroits où la pente est la plus forte, comme il est dit plus haut, se trouvent les barres qui empêchent la navigation pour les navires de fort tirant d'eau.

La marée se fait sentir très distinctement à Concepcion del Uruguay; elle s'élève à l'échelle jusqu'à 2 m. Pendant les basses eaux elle n'atteint dans ce port que 62 cm.

Le canal indiqué sur la carte sous le nom de «Filomena» tire son nom du vaisseau «Philomel», dont le capitaine J. B. Sullivan de la marine anglaise a exécuté le premier levé de ce fleuve de 1845 à 1846.

Ce canal est utilisé par les navires de fort tirant d'eau et par les vapeurs fluviaux pendant la période de basses eaux. Son minimum de profondeur est de 19 pieds et se trouve entre les îles «del Burro» et «Filomena Grande». Ces deux canaux se réunissent, mais se séparent bientôt à un endroit nommé «Las Tres Bocas».

Le canal principal reste à partir de sa bifurcation en amont de Las Tres Bocas toujours vers la rive uruguayenne et forme le chenal le plus profond et le plus important de la rivière. Il est utilisé par les navires de fort tirant d'eau et les vapeurs fluviaux. Les mauvais passages entre Tres Bocas et Concepcion del Uruguay, c'est-à-dire Roman, Banco Grande, Montañas, Altos et Bajos ont été corrigés par le gouvernement Argentin au moyen de draguages et n'existent pour ainsi dire plus. Leur emplacement ainsi que celui des sémaphores fixes le long du rivage est indiqué sur le plan nº 8.

5. L'Uruguay moyen.

La partie du fleuve désignée généralement sous le nom d'Uruguay moyen commence à Concepcion del Uruguay, dernier port accessible aux navires de fort tirant d'eau. Une petite section située plus en amont près du port uruguayen de Paysandù exige un transbordement des marchandises. On désire maintenir cette partie de la rivière à une profondeur de 9 pieds et à une largeur de 50 m., à l'exception du passage de San Francisco dont la largeur est de 100 mètres.

Les principaux obstacles consistent en bancs de sable et de gravier, en arêtes de rochers et tas de roches désagrégées qui entravent énormément la navigation.

Le plan 9 donne toute cette partie avec courbes de fond. Pendant la marée, le courant est très fort, principalement entre Nueva Escocia et Concordia: la pente de la surface atteint souvent 60 mm. par kilomètre et le maximum de courant 7 à 9 km. par heure.

Le maximum de vitesse observé dans les ports de Concepcion del Uruguay, Colon et Concordia est de 1,45 m., soit 1,80 m. et 2,20 m. par seconde, correspondant à un niveau des eaux de la rivière de 5,49 m., soit 8,55 et 12,58 m.

La marée atteint le port de Colon avec la même moyenne de hauteur qu'à Conception del Uruguay.

Les marées ordinaires arrivent jusqu'à la passe de Chapicuy, les marées extraordinaires jusqu'au port de Concordia.

Nous ne décrirons donc que très-brièvement la partie située entre Concordia et Concepcion del Uruguay, mais par contre nous donnerons des plans détaillés des passes.

Vis-à-vis de Concepcion del Uruguay, le canal a une largeur considérable et une profondeur minimale de 20 pieds. Il forme une belle place d'ancrage de 7 km. de longueur et de 700 m. de largeur qui s'étend jusqu'à la pointe sud de lile d'Almiron: (Voir plan nº 12.)

Le plan 13 donne la passe d'Almiron Grande. Elle n'avait précédemment que 8 pieds de profondeur, mais elle a été draguée jusqu'à 15 pieds et sera toujours maintenue à une profondeur de 10 pieds, de sorte qu'elle n'entravera pas le service des plus grands vapeurs fluviaux. Après avoir passé Almiron et les deux bras de cette île, et jusqu'au port de Paysandú, l'eau a une profondeur suffisante. Le canal est large et accuse une profondeur maximale de 22 pieds.

Le plan 15 donne la passe de San Francisco. La partie qui doit être draguée est marquée en rouge.

En amont de cette passe se trouve un banc de sable qui a été amené en cet endroit depuis la pointe sud de l'île de Quegay. Ce banc traverse la rivière dans la direction du grand banc de sable qui se trouve à la pointe nord de l'île de Hornos. Cette passe, pendant les basses eaux, forme un creux et le courant suit alors la pointe nord de l'île de San Francisco où s'est formé un canal de 50 m. de largeur et d'une profondeur moyenne de 3 mètres.

Lors du nivellement de l'obstacle, qui a une longueur de 450 m., on a constaté une différence de niveau de 51 mm. Cette

circonstance nous permet d'espérer que, la canalisation une fois exécutée, l'affouillement résultant de la pente plus forte obtenue, s'étendra aussi au banc de sable mentionné ci-dessus.

Le plan 16 donne la passe de Peruchoverne qui aux basses eaux n'a que 5 pieds d'eau. Le fond se compose de sable et de gravier. Sur le même plan figure aussi la ligne de canalisation proposée, ainsi que la description hydrographique de la passe.

En amont de la « Concha de la Boca Chica » (plan nº 9) se trouve la passe de Papeagi, bas-fond composé de sable et de gravier, dont la profondeur n'est que de 5 pieds au-dessus du zéro de l'échelle. (Voir plan nº 17.)

Afin d'éliminer les obstacles de cette section, on a proposé différents modes de correction; cependant le tracé le plus favorable, et qui exigerait le moins d'extraction de matériaux par le draguage, est celui déjà utilisé actuellement par la navigation. Outre d'autres avantages, il se recommande surtout par le fait qu'il peut être désigné par des sémaphores qui n'exigent que quatre bouées.

En amont de Papeagi, toute la rivière ne forme qu'un canal relativement étroit qui jusqu'à Concha Seca a une profondeur suffisante. A cet endroit se trouve un banc de sable. Ce banc est formé, aux époques de hautes eaux, par les courants qui viennent frapper les bancs de sable situés près de l'embouchure du ruisseau de Malo et produisent des tourbillons et des dépôts de matériaux. (Voir plan nº 18.)

En cet endroit se trouvent deux canaux navigables, l'un dans le milieu de la rivière et l'autre le long de la rive Argentine. Au premier, on aura à draguer environ 22,000 mètres cubes et la ligne pourra être désignée par des sémaphores placés le long de la rive Argentine et au moyen de quatre bouées.

Au second, il n'y aura que 9000 mètres cubes à enlever. En amont de l'embouchure du ruisseau de Palme ne se trouve que du gros gravier, mais ici, comme en amont du ruisseau de Spiro, se trouvent des arêtes de rochers qui s'avancent jusqu'à 800 mètres de distance dans la rivière et ne sont visibles que par des eaux très basses.

Si le canal était dirigé dans l'anse concave de la rive Argentine il est indubitable qu'il serait plus facile à maintenir en bon état que dans le milieu de la rivière, mais les navigateurs ne s'aventureraient pas volontiers dans un canal de ce genre et il est à prévoir que le tracé du milieu sera adopté.

Ensuite nous trouvons la mauvaise passe de San José où pour la création d'un canal rationnel 50,000 mètres cubes devront être enlevés. (Voir plan nº 19.) Après Concha et San José on rencontre la petite passe de Sombrerito et ensuite celle de Guaviyú. (Voir plan nº 20.)

Afin de rendre cette passe praticable aux grands vapeurs fluviaux, on devra enlever 56,000 mètres cubes, placer 8 bouées ainsi que des sémaphores sur la rive uruguayenne.

On pourrait aussi adopter le canal primitif pour la correction, mais on aurait alors presque le double des matériaux à extraire de plus qu'au canal oriental, et les vapeurs qui veulent toucher le « Saladero » de Guaviyú sur la rive uruguayenne auraient à faire un grand détour pour y arriver et en revenir.

Pour ces différentes raisons, il n'y a pas à douter que le canal, déjà utilisé aujourd'hui, ne soit corrigé.

La passe de Chapicuy, à laquelle on arrive ensuite, est un banc rocheux de molasse. En amont de ce banc s'est formé un creux où se déposent les matériaux détachés par le courant des rives abruptes du haut plateau de Artigas. C'est ainsi que se sont formées les premières îles de l'Uruguay moyen et les bancs de sable qui se trouvent à la passe de Chapicuy.

Le plan nº 21 montre les environs de cette passe avec toutes ses particularités. Les sondages pratiqués à cette passe (voir plan nº 22) prouvent que la roche de molasse recouverte d'environ 1.50 m. de sable descend dans la direction du « Thalweg » du fleuve même, ce qui permettra d'obtenir une profondeur de 9 pieds, sauf au point désigné par la lettre B.

Le plan nº 21 indique le canal adopté; il y aura à extraire 16,000 mètres cubes de rochers et 256 mètres cubes de sable et de gravier.

Pour se faire une idée des effets que produira l'ouverture d'un canal dans cette partie de la rivière sur son bassin en général, il

a été fait une série de nivellements exacts jusqu'à la Estancia « Humaita » et posé en différents endroits des échelles de marée.

Les observations hydrométriques avec les chiffres des échelles ont fourni la preuve que si même le canal, après exécution de l'approfondissement projeté, avait partout une pente uniforme, cela n'aurait aucun effet nuisible sur la navigation en général, et cela par suite de l'action des hautes marées qui durent de trois à quatre jours. Il est par contre absolument certain que l'ouverture du canal de la manière décrite plus haut égalisera la surface du lit de molasse et par la pente plus forte obtenue contribuera à l'entretien du canal situé plus haut.

On a prévu pour cette passe un système de 10 bouées combinées avec deux pyramides construites sur l'île de Chapicuy.

L'étendue totale de la passe « Hervidero » (voir plan n° 23) est de 3.8 km. Les principales arêtes dont elle se compose se trouvent au milieu de la rivière. Il y aurait environ 19,000 mètres cubes à enlever.

Après la passe Hervidero, la navigation est facile, attendu que jusqu'à l'embouchure du « Yuqueri Chico » elle suit une courbe de la rivière. A peu de distance de cet endroit se trouve la mauvaise passe du même nom, formée par des bancs peu élevés dans la courbe de la rivière (voir plan n° 24). Le fond se compose de gravier, et la masse à enlever est de 44,500 mètres cubes.

Cet ouvrage devrait être complété par des sémaphores placés sur la rive Argentine et par quatre bouées. Jusqu'au Yuqueri Grande il y a suffisamment d'eau pour les vapeurs fluviaux; les navires tiennent le milieu de la rivière. Ensuite vient la passe du nom ci-dessus, banc composé de gravier et de déblais du Corralito situé à peu de distance en amont. (Voir plan n° 25.) Ces deux passes ensemble ne forment en réalité qu'un seul et même bas-fond très étendu. La première se compose en grande partie de matériaux qui se sont détachés de la première, et la dernière consiste en masse rocheuse compacte.

Une série de nivellements exacts exécutés pendant les basses eaux à 0,62 m. au-dessus de zéro a donné une pente totale de 0,40 m. sur une longueur de 2,24 km., par conséquent une pente

de 183 mm. par kilomètre. La vitesse moyenne de la surface était de 0,92, la vitesse maximale de 1,26 m. par seconde.

En remontant la rivière, on rencontre 7 bouées, 3 à l'entrée et 4 à la sortie de la passe.

Lors de l'élaboration du plan pour l'exécution d'un canal permanent de 9 pieds de profondeur on a pris pour base une ligne droite qui, autant que possible, doit correspondre avec la route suivie actuellement par la navigation. Il y aura 17,000 mètres cubes de rocher à extraire.

Plus en amont et jusqu'à Concordia, où le maximum de profondeur est de 25 pieds et où se trouve un fond étendu d'ancrage, il n'y a plus de difficultés.

Ces grandes profondeurs continuent jusqu'à Salto Chico, sauf quelques arêtes de rochers qui depuis la rive Argentine forment saillie dans la rivière et près de Salto, port uruguayen, une masse rocheuse à travers laquelle une ouverture de pas plus de 80 mètres conduit au port.

Ainsi qu'il ressort de la description ci-dessus, il se trouve dans la partie de la rivière situé entre Concepcion del Uruguay et Concordia de nombreuses passes et autres places difficiles, mais à l'exception de trois d'entre elles, Chapicuy, Hervedero et Corralito, elles peuvent toutes être corrigées sans peine et munies de bouées et de sémaphores fixes, comme cela a été fait avec succès pour les passes de « Alto y Bajos » et « Banco Grande ».

6. Le Haut Uruguay ou Uruguay supérieur.

L'Uruguay supérieur s'étend de Concordia jusqu'à Santo Tomé, sur une longueur de 436 km. et se compose d'une série d'arêtes de rochers avec des creux et des rapides pendant les basses eaux. La partie située entre Concordia et Ceilo (voir plan n° 20) n'est absolument pas navigable pendant les basses eaux, tandis qu'entre Ceilo et Santo Tomé la rivière, sur une longueur de 270 km, peut être parcourue par des bateaux de 1 m de tirant d'eau, en général pendant 10 mois de l'année.

Le premier bassin ou lac se trouve entre Salto Chico et Salto Grande, le second entre le premier et les Correderas de San Gre-

gorio, le troisième près de Nacumbu et ainsi de suite. Toute cette partie de la rivière a une largeur de plus de 1.5 km. tandis que la quantité d'eau qui s'écoule aux eaux basses n'est, suivant les résultats des jaugeages, que de 780 mètres cubes, chiffre très faible pour une rivière dont le débit aux hautes eaux est de 16,000 mètres cubes.

De Salto Chico à la frontière brésilienne, le lit de la rivière se compose de rochers, mais au-dessus de Ceila se trouvent des bancs de sable qui seront enlevés sans peine. Ceci est peut-être la raison pour laquelle la rivière forme si peu de dépôts puisque l'eau des lacs ci-dessus mentionnés est presque entièrement claire.

Le lit de la rivière étant sur cette section presque toujours dans la roche solide, il n'y aura pas à entreprendre ici de draguage systématique. En quelques points où le fond est sablonneux, on pourrait employer des dragues à faible tirant d'eau.

PROVINCIA DI TORINO

La construction de digues et d'écluses afin de rendre possible la navigation dans les eaux mortes serait trop coûteuse. L'excavation d'un canal à travers les arêtes de rocher comme à la Porte de Fer du Danube serait la meilleure solution et le courant, qui au Danube atteint 6 m. par seconde, serait, après achèvement de la correction, bien plus faible que celui du Danube, peut-être même de moitié.

Il n'est guère possible de prévoir d'avance l'effet que produira sur le niveau de la rivière la construction d'un canal naviguable de sept ou seulement de 5 pieds de profondeur à travers tous ces obstacles qui forment aux basses eaux de véritables seuils. Dans tous les cas, un projet de ce genre exigerait des capitaux énormes et son exécution ne serait possible qu'après des études plus approfondies que les reconnaissances sommaires qui nous ont fourni les données de ce rapport. Cependant il est hors de doute qu'une correction partielle de la rivière est possible et qu'on pourra obtenir, pour la navigation desservie aujourd'hui par les petits vapeurs aménagés à cet effet, de la «Argentine Eastern Railway» Company, des conditions infiniment meilleures.

Rio de la Plata

I. Description et divisions.

Le Rio de La Plata est un estuaire grand, ouvert, d'une étendue de 20,000 km. De la Punta Gorda, il a une largeur de 1,8 km, il va se jeter dans l'Atlantique du Sud, entre les caps San Antonio et Santa Maria, où il a 300 km. de largeur.

Le plan n° 1, carte de l'Amirauté anglaise, montre l'estuaire entier.

Pour l'examen et l'étude de cet estuaire, on l'a divisé en trois sections.

1re Section. Le Rio de La Plata inférieur, à partir des caps nommés ci-dessus jusqu'à Montevideo et Punta Piedras.

2me Section. Le Rio de La Plata du milieu, de Montevideo et Punta Piedras jusqu'à Colonia La Plata.

3me Section. Le Rio de La Plata supérieur, de Colonia La Plata à l'embouchure du fleuve Uruguay à Punta Gorda.

Les sections 1re et 2me n'ont pas été étudiées par le Ministère des travaux publics, qui jusqu'à présent a donné son attention tout entière à la troisième section, où le grand nombre de passes que doit traverser le navigateur pour remonter les fleuves Paraná et Uruguay, donne une grande importance à l'exploitation de cette section.

Si on examine le plan n° 1, on verra que les deux rives du fleuve sont entièrement différentes : la rive orientale ou d'Uruguay est un terrain élevé, mais celle d'Argentine est basse et sujette à des inondations.

Toute cette section, couverte d'eau saline, présente une topographie très variée, comme le montre le plan.

Dans la 2me section, c'est le même aspect général des rives. Le fond est de boue; mais il l'est moins en approchant de la côte orientale. Dans cette section, les passes les plus profondes sont près de la côte de l'Argentine, jusqu'aux abords de la ville de La Plata.

De Colonia, en allant vers la mer, commence le banc de sable d'Ortiz, qui couvre presque toute la distance jusqu'à Montevideo. Ce banc forme toute la passe profonde, de 10 m environ, près de la côte de l'Argentine, qui est pourtant interrompue par des bancs isolés et latéraux, tels que le Banco Chico et le Coracero, et les bancs dans le voisinage de Punta de Indio, avec un bas-fond de boue vaseuse qui gêne la navigation des navires de grand tonnage, car il n'y a que 5,50 m. d'eau au-dessus de la boue.

D'ailleurs, cette carte de l'Amirauté britannique est très vieille: depuis 25 ans il n'y a pas été fait de revision détaillée. Des sondages récents, effectués par les officiers de la marine Argentine montrent que les profondeurs sont plus importantes que celles indiquées sur les cartes anciennes. Le Ministère de la Marine a entrepris un examen hydrographique de tous les bas-fonds, qui sera terminé l'an prochain. Comme il a déjà été dit, des reconnaissances détaillées ont été faites pour la 3me section, dans laquelle débouchent les grands fleuves Paraná et Uruguay. (Voir plan nº 2.)

Un peu en amont de Buenos Aires, les rives de la côte Argentine deviennent plus hautes. Généralement le fond du fleuve est tout de boue.

Dans le plan nº 3 on voit deux bassins distincts, séparés par la grande barre «Playa Honda». Le bassin de la côte de l'Argentine a été appelé «Canal de las Palmas», là où Las Palmas, un bras du Paraná, débouche dans le La Plata. A l'embouchure il y a une profondeur de 10 à 12 m., qui se réduit bientôt à 2,8 m; mais des profondeurs plus grandes existent encore dans des bassins isolés appelés «Pozos», et la passe qui devient enfin vraiment profonde dans le mouillage du Port de Buenos Aires, s'en va vers la mer, comme on l'a dit déjà.

Dans le bassin oriental se trouve aussi une passe qui est utilisée par la navigation maritime (voir plan nº 4, qui présente l'étendue entière et la passe en détail), et qui commence aux bassins voisins de Farralón, puis qui rencontre le banc San Pedro, dernièrement dragué par le Gouvernement Argentin (voir plan nº 5). Elle suit les bassins (Pozos) de San Juan, puis la passe «Nuevo Canal» (Las Limetas), jusqu'au bassin d'eau profonde qui s'étend en aval des bouches principales des fleuves Paraná et Uruguay.

L'île de Martin Garcia, d'une formation rocailleuse, est située au centre de l'embouchure profonde de ces fleuves, la nouvelle passe (Nuevo Canal), ci-dessus mentionné, étant à l'Est, avec une autre appelée «Canal de Buenos Aires», à l'Ouest, d'après une nomenclature récemment proposée. Cette passe, pourtant, est virtuellement une poche profonde à son extrémité inférieure, car, tout en face d'elle, se trouve la barre El Globo, d'environ 11 km. de long, et qui a seulement 3,5 m. d'eau.

En amont de Martin Garcia, avant la division en passes, se trouve un canal très profond, par endroits jusqu'à 30 m. de profondeur: les parois de ce canal profond sont à peu près verticales, et sa largeur minima est de 1,5 km.

Ce beau canal continue sans interruption jusqu'à la tête de l'estuaire à Punta Gorda, recevant pendant son cours les eaux des fleuves Paraná Guazú et Paraná Bravo, avec d'autres affluents.

Tels sont les traits généraux du Rio de La Plata. Un examen hydrographique très détaillé a été fait de toute cette étendue; les positions des côtes ont été déterminées d'une manière précise par des triangulations minutieuses, et les sondages localisés avec exactitude, en conformité avec les triangulations. Les plans 3, 4, 5 et 6 démontrent le soin avec lequel le travail a été fait, et ils serviront de base pour les comparaisons qui pourront être nécessaires dans l'avenir, afin de suivre les changements qui pourront se produire dans les bancs et les canaux.

Le lit de l'estuaire a aussi été soigneusement reconnu par un grand nombre de percements, avec analyse des matières extraites Les plans 7, 8 et 9 montrent les résultats de ee travail, avec les dessins et les profondeurs correspondantes de l'eau. D'une manière

générale, le lit du Rio de La Plata supérieur est composé des matières suivantes:

1° Une couche de sable fin, mélangé avec de l'argile.

2° Une couche d'argile gris-jaunâtre.

3° Une couche d'argile foncé avec coquilles de mer.

4° Près de la côte, de la «tosca» verte se changeant en rose.

5° Sable tertiaire de la sous-pampas.

En même temps que les conditions géologiques, on a aussi étudié l'intéressante question de la formation des dépôts de la matière sédimentaire, et on a fait de nombreux et prolongés examens des eaux des fleuves, prises à maints endroits et à des profondeurs diverses, et dans des conditions variées, en filtrant soigneusement l'eau, en comptant au microscope les grains de sable et les particules des différents matériaux. Ces observations, faites en connexion avec l'étude des vélocités, les mouvements de la marée, et d'autres expériences hydrographiques encore, ont permis de calculer la profondeur de l'excavation qui se fait annuellement dans la partie supérieure de l'estuaire, dans le voisinage de Martin Garcia. L'«approfondissement» moyen dans ces canaux s'est trouvé être de 25 à 35 mm. environ par an, et cela représente un volume de 15 à 20 millions de mètres cubes; ce sont les mêmes résultats qu'on a trouvés aux deltas de tous les grands fleuves qui apportent du sédiment.

Il résulte d'une comparaison des matériaux, que les matières enlevées des rives, par le fleuve supérieur, sont en grande partie déposées dans le Rio de La Plata inférieur, la matière trouvée sur les rives du Rio supérieur étant composée de particules d'une grosseur et d'une composition bien différentes de celles apportées par les fleuves.

Bien que la proportion du sédiment avec l'eau soit infime, en comparaison avec d'autres fleuves et par mètre cube d'eau déchargée, le volume total d'eau annuellement déchargée dans l'Océan est si grand que ce dépôt de matières sédimentaires devient très important.

Le Paraná, par exemple, a une décharge annuelle de 680 km^3, et 100 grammes de sédiment au mètre cube correspondent à 68,000,000 tonnes de matière solide par an, ce qui équivaut à 45,000,000 m^3.

Nous pouvons assurer avec certitude que le dépôt du sédiment du Paraná, et de l'Uruguay, pris ensemble, équivaut à 60,000,000 m^3. Dans les fleuves d'une largeur ordinaire, cette quantité remarquable de matière produirait bientôt des dépôts immenses, mais heureusement le Rio de La Plata inférieur a une étendue très vaste, comme il a été dit, en sorte que le sédiment, qui se divise en parties très fines, est distribué sur une vaste superficie, et le dépôt moyen n'est que de 1.5 mm. par an, comme le prouvent les calculs faits il y a cinquante ans et qui, renouvelés de temps à autre, ne montrent pas de changement prononcé dans les areals submergés.

2° Navigation.

Le mouvement maritime et de cabotage est très important, vu que tous les bâtiments allant vers les provinces riveraines de l'Argentine, aussi bien qu'à la côte de la République d'Uruguay, le long du fleuve Uruguay, doivent passer par le Rio de La Plata supérieur, aussi bien que tout le trafic venant de Buenos Aires et La Plata.

Le plan n° 1 montre les positions de tous les phares et navires à lumière, tout le long du Rio de La Plata et vers la mer. Le plan n° 10 montre les positions des bouées lumineuses dans la partie supérieure de l'estuaire.

Il y a moins d'une année, un bateau à vapeur chargé descendant le fleuve n'aurait pas entrepris le passage du Bravo, qui était presque inconnu aux pilotes, en sorte qu'il aurait risqué d'échouer sur la terre de La Paloma, et même d'y rester pendant plusieurs jours. Actuellement, grâce aux trois bouées lumineuses à l'embouchure du Bravo, cette sortie profonde est très généralement utilisée, et avec une entière sécurité.

Tout le parcours de la bouche du Bravo et du Guazú a été soigneusement marqué par des bouées lumineuses, et tout récemment un phare flottant a été établi en aval de l'île de Martin Garcia. Ce phare, par des signaux de jour et de nuit, montre la profondeur de l'eau dans le Nuevo Canal (Las Limetas). (Voir plan n° 6.)

En aval du Canal Nuevo se trouve la barre de San Pedro. où on a dernièrement dragué un bon canal marqué par six bouées

lumineuses. Les feux de ces bouées brûlent nuit et jour. Les bouées sont d'une capacité de 5 m³, et elles sont chargées de gaz à une pression initiale de 7 kg. (sans doute: 7 atmosphères).

Les feux sont blancs, rouges, verts, suivant les règlements internationaux. La route à suivre de la mer au port de Buenos Aires est nettement marquée par les bouées sur le plan de relief.

La profondeur est de 21 pieds dans le canal du Nord et de 19 pieds dans celui du Sud, de 23 pieds dans les bassins (docks) du Port. Le gouvernement s'est decidé à prolonger directement le canal du Nord jusqu'au mouillage, et à le creuser à 22 pieds de profondeur, à 23 même, et il a conçu le projet de protéger le canal contre les dépôts très importants qui, à présent, doivent être constamment dragués, afin de maintenir la profondeur voulue — la matière extraite annuellement monte à presque 4,000,000 m³ par an.

La plan nº 12 montre le port de Buenos Aires avec ses deux entrées et les bassins d'entrée au Nord et au Sud.

Le Riachuelo, un bayou, ou petite rivière, qui a été canalisé par l'ingénieur Huergo, se décharge dans l'avant-port, à l'entrée du Sud. Cette revière a joué un rôle très important dans le développement du port et de la cité de Buenos Aires, car, jusqu'à ces dernières années, c'était le seul port, le port montré sur le plan nº 12 au Nord de l'Antepuerto, ou embouchure du Riachuelo, étant de construction récente. Le long de la rive gauche du Riachuelo, il y a cinq km. de quais en bois, en bon état, qui sont utilisés non seulement par les vaisseaux caboteurs faisant le commerce des produits du pays — bois, fruits, etc. — mais aussi par des vaisseaux transatlantiques qui apportent la houille, le bois de construction, etc.

Le Riachuelo a 16 pieds d'eau à marée basse, et son commerce forme une partie très importante de celui du port en général.

Le port de Buenos Aires, si considérable qu'il paraisse dans le plan, laisse néanmoins beaucoup à désirer et ne satisfait pas à toutes les exigences, et c'est pourquoi Monsieur l'ingénieur Corthell, ingénieur-conseil du Ministère des Travaux Publics, a dressé un projet pour son agrandissement, et pour lui donner les facilités dont il manque actuellement: un bassin spécial pour les matières inflammables — le pétrole et ses produits, kerosine, gasoline,

naphte, essence, les explosifs, la houille, etc.; pour lui donner aussi des facilités commerciales, générales, additionnelles, peu à peu, suivant les besoins du commerce.

Ce projet comporte la protection du bassin du Nord, qui ne peut pas être utilisé pour le commerce, étant exposé aux lames. Le plan de ce projet d'agrandissement accompagne les autres documents. Il vise aussi à donner une protection, sous forme de digues en matelas, aux canaux d'accès, et c'est, selon notre avis, le seul moyen efficace d'obvier à la formation de ces énormes dépôts de matière ci-dessus mentionnés.

3° Régime et marées.

L'étude de ce sujet a été trop longue et trop détaillée pour que nous puissions l'approfondir longuement dans ce bref résumé, mais nous avons présenté beaucoup de plans d'un grand intérêt, qui pourront être examinés par les intéressés, et nous nous contentons de nous arrêter seulement sur les points les plus importants.

Dans l'étude de la région fluviatile on a désiré:

1° Déterminer la relation existant entre la vitesse moyenne du courant, son «gradient» de surface, et sa profondeur dans un vertical donné.

2° Déterminer la vitesse moyenne dans chaque canal avec le débit correspondant.

3° Déterminer la direction générale des eaux à marée basse.

L'étude du premier sujet nous a permis d'établir quelles sont les vitesses moyennes et de fond correspondant à tout vertical avant et après l'approfondissement artificiel, c'est-à-dire l'augmentation de la vitesse moyenne et celle de fond.

L'étude n° 2 a permis de déterminer l'augmentation de débit que doit avoir la nouvelle section pour être maintenue.

Par l'étude n° 3 on a établi la direction que prendraient les eaux relativement aux courbes du fond, ce qui a permis d'être fixé sur la meilleure route à tracer pour les canaux à approfondir.

La connaissance des hauteurs simultanées de l'eau dans les différentes jauges observées, dont on a connu les relations *inter se* (réciproques), a rendu possible la construction d'un *profil instantané* de la surface du fleuve à tout instant donné. La tangente, à un point quelconque de ce profil, donnera le «gradient» instantané du fleuve à ce point. Le gradient, réduit graphiquement d'un profil instantané quelconque, donne une idée de la surface du fleuve, mais il n'est pas absolument exact. Les causes d'erreur sont:

1° Le système ci-dessus nommé de nivellement par la marée, avec lequel il y a une erreur probable d'un pouce dans la détermination des différences de niveau entre les jauges. Cette erreur est relativement d'autant plus grande que d'autant plus faible sera le «gradient» superficiel du fleuve au moment de l'observation.

2° Des influences locales qui produisent de petits changements dans la surface du fleuve.

3° L'erreur d'équation personnelle de l'observateur, et les lames. Les erreurs de 2e et 3e classe diminuent d'importance quand le nombre des observations est plus grand.

4° La construction graphique du profil peut, dans des cas spéciaux, où les jauges ne sont pas très serrées (très près l'une de l'autre), ôter aux courbes le caractère qu'elles ont réellement.

C'est là une source d'erreur très importante, et on a pris grand soin de ne faire les observations de vitesse que quand le gradient est régulier et toutes les conditions bonnes.

5° Les jauges de marée ne sont pas toujours dans la position juste qu'a une flotte qui se meut librement, et, dans ce cas, on a dû faire des interpolations; mais cette source d'erreur n'est pas importante, elle est même négligeable.

On a fait trois séries d'expériences sur la vitesse:

1° Vitesse moyenne déduite de la moyenne des flottes.

2° Vitesse moyenne déduite d'après le diagramme de chaque vertical dans la profil observé.

3° Vitesse moyenne déterminée par le vélocimètre fixe à une profondeur quelconque R_1, qui porte une raison fixe avec la profondeur totale R.

Des observationes et études préalables avaient déjà amené à l'équation: $R_1 = \frac{6R}{10}$.

Sur le plan n° 14 se trouvent les trajectoires des flottes et la position des observations.

Le plans n^{os} 15, 16, 17 et 18 touchent aux observations avec des flottes, et ce sont ceux que nous entreprenons de détailler maintenant.

A la partie supérieure du diagramme est dessiné la trajectoire de la flotte avec la direction et la violence du vent qui soufflait à cet endroit; on y voit la ligne Fallaron-Chimonen et quelques points de repère. Il a été interpolé entre les points observés les positions de la flotte pour chaque demi-heure. En bas du diagramme, à gauche, est dessiné l'axe horizontal du temps; en dessus, se sont les marées de Martin Garcia, Viga (poteau) Canal Buenos Aires et banc de San Pedro, avec les vitesses par vélocimètre fixe et les gradients correspondants à l'endroit de la flotte, qui ne sont pas les mêmes que les précédentes. Le vélocimètre fixe a été presque toujours observé à la Viga Canal Buenos Aires, afin de contrôler ses variations par comparaison avec celles des flottes et des marées.

Sur l'axe du temps est dessiné le diagramme de la vitesse de la flotte, la ligne des profondeurs totales où elle a passé, et le diagramme complet de la route entre le point fixe à la Viga Canal Buenos Aires et la position de la flotte sous observation.

A droite se trouvent les profils instantanés, les jauges arrangées horizontalement — d'où sont déduits les gradients de surface d'heure en heure. Les positions successives de la flotte sont indiquées par une ligne de points, et sont déduites par l'indication de la position de chaque point sur le profil pour l'heure en question, à une distance de l'axe de la Viga Canal Buenos Aires, égale à la course totale courue. . . Finalement, à la suite de la constatation que le gradient du fleuve avait changé à chaque instant, toutes les vitesses de la flotte, pendant une série d'observations, ont été réduites au même gradient, d'où résulte le $\frac{V'}{f}$ qui nous permet de calculer les résultats de plusieurs journées.

Outre la détermination de la vitesse par le moyen des flottes, elle a été obtenue aussi d'après des observations de vélocimètre.

La formule qui nous donne la vitesse moyenne est:

$M_m = \frac{5}{6} - \frac{V}{S} + \frac{1}{6} V_f$, V et V_f étant les vitesses de surface et de fond.

Par la connaisance des sections et des vitesses moyennes on a obtenu les débits.

Pendant les mois de février il a passé par Rosario 18,800 m^3/s, par Concepcion del Uruguay, 2850 m^3/s et 150 m^3/s entre la rivière Gualeguaychu et les fleuves plus petits qui débouchent dans le grand fleuve, en somme 21,800 m^3/s.

La computation théorique de débit dans une section P O, d'une rive à l'autre de la rivière Rio de La Plata, donne 22,350 m^3/s. La différence entre le débit théotique et le vrai est de 600 m^3/s environ, mais il faut noter que le Rio Negro sur la côte d'Uruguay tire son eau d'un versant très étendu, de 110,000 km^2, dont on doit tenir compte. On ignore la quantité de son débit.

Les profils de vitesse dans les fleuves Bravo et Guazú, un peu en amont de La Paloma, ônt été fait par la formule usuelle; on a calculé de la même manière le débit de la partie supérieure des fleuves Mini et Barca. Les résultats pour les débits sont: Bravo, 7300 m^3/s, Guazú, 6450 m^3/s, Barca, 1500 m^3/s, Mini, 800 m^3/s. A l'embouchure du Guazú le débit est seulement de 3,800 m^3/s, la différence ayant été perdue dans la Sauce, l'une de ses bouches, et par des bayous qui en sortent et qui vont dans le fleuve principal.

La Playa Honda est la ligne de division entre les eaux qui passent près de la rive orientale et celles qui viennent par des sorties à l'Ouest-Mini, Barca, Chana, etc., et le Paraná de las Palmas.

Le Plan nº 19 montre ces diverses embouchures du fleuve. Les différentes sections successives, A, B, etc., montrent les changements qui ont lieu, la séparation et la différence dans les débits.

Aux plans nº 19 et 20 on a calculé, pour chaque vertical du vélocimètre dans un profil théorique, le débit qui passe entre la rive orientale et ces verticaux. En changeant la position de chaque vertical de 100 mètres en 100 mètres, il a été obtenu une série de sections avec les débits correspondants. Entre ces quantités on peut interpoler des points qui donnent une variation donnée de débit, par exemple 200 m^3. En joignant longitudinalement

entre eux-mêmes les points qui correspondent à des débits égaux, il a été obtenu une série de courbes qui délimitent des zones de débit égal, c'est-à-dire de 200 m³, qu'on appelle «tubos» de débit. Plus les lignes de séparation de ces tubes sont proches les unes des autres, plus grand est l'effet dynamique du courant sur le fond du fleuve dans un aréal donné, et plus elles sont espacées, moins l'effet dynamique est grand. Le nombre des lignes par kilomètre donne la mesure de l'intensité de la force dynamique de l'eau sur l'aréal en question. La direction générale des courbes indique les trajectoires moyennes des eaux.

Observons en passant que ces trajectoires ne coïncident pas entièrement avec les courbes du fond, car elles sont des courbes de profondeur moyenne, tandis que les vitesses de fond peuvent varier quelque peu en direction, parce que chaque pellicule ou couche d'eau peut avoir une direction et une vitesse particulière différente.

Au plan nº 20 on voit que les eaux du Canal de l'Est (Canal Este) de Martin Garcia se trouvent resserrées entre cette île et la côte orientale, et elles sont ainsi forcées de se creuser un canal profond.

Après avoir passé cet endroit resserré, les eaux s'étendent, les unes allant à l'Ouest dans le Canal Buenos Aires, dont l'eau, en grande partie, s'étend encore à l'Ouest sur la Playa Honda. La distribution des débits sur la barre de San Pedro est tout uniforme; les tubes de débit sont larges, la vitesse dans cette section étant la moindre.

Sur le plan nº 21 on a disposé toutes les jauges qui ont été observées dans le Rio de La Plata, afin d'étudier le régime et les marées actuellement en discussion. Les ingénieurs Speluzzi et Foster ont travaillé pendant deux ans la question de la propagation des marées.

La marée-vague de l'Océan Atlantique, quand elle arrive à l'embouchure du Rio de La Plata, paraît en premier lieu à Montevideo, où elle a une amplitude moyenne de 0,50 m. environ. Sans regarder à la différence de temps, d'une heure et demie, la marée n'entre pas dans l'estuaire avant d'arriver à Punta Piedras; ce phénomène est dû aux courants transversaux.

Depuis Punta Indio la marée suit le canal entre le banc d'Ortiz et la côte Argentine, jusqu'à ce qu'elle arrive au «Ponton Practicos» (le vaisseau à lumière des pilotes), où elle se divise en deux branches, l'une allant vers les canaux de Martin Garcia,

l'autre vers le canal de Las Palmas. Nous nous sommes occupés seulement de la première route.

Sur les plans n° 22 et 23 on a indiqué les stations trouvées sur le profil longitudinal, indiquant sur le vertical de chaque point sa courbe relative de marée, prise à la hauteur moyenne. Cela fait, on a projeté le maximum et le minimum de chaque courbe sur sa ligne de référence relative.

En joignant les points ainsi obtenus avec les points correspondants des courbes voisines, on a eu des lignes droites dont l'inclination varie avec la vitesse ou rapidité de la propagation. La valeur de celle-ci a été calculée et écrite sur les feuilles. Cette méthode graphique très claire a été indiquée par Monsieur l'Ingénieur en chef Crahay de Franchimont, dans les publications du VII^me^ Congrès de Navigation, en 1898.

On a fait un essai pour trouver la vitesse moyenne de la propagation de marée, et les feuilles 22 et 23 ont été établies dans ce but, la première avec la marée moyenne de Décembre, et avec ses «Aguas vivas» et «Aguas muertas» (eaux vives et eaux mortes) correspondantes.

Le diagramme de la marée moyenne ne s'étend que jusqu'à Banco Chico, puisqu'il n'existait pas, à l'époque, des observations sur les conditions se trouvant plus loin. Dans ce diagramme on a pris la courbe de Colonia, celle de Ponton Practicos n'existant pas à cette époque. Pour la même raison, il manque la route par le Canal Nuevo.

L'influence des barres se fait voir très clairement sur le diagramme des vitesses (celeridades), car la vitesse de propagation diminue entre Colonia et la barre de San Pedro, s'accentue rapidement après la barre en allant vers la Viga Canal Buenos Aires, puis devient quelque peu supérieure à la vitesse normale.

Par le diagramme qui correspond aux «Aguas vivas» et «Aguas Muertas», il a été possible d'atteindre Ponto Indio; mais celui de Colonia a été supprimé, parce qu'il donnait des résultats inadmissibles, ce qui n'est point étrange avec des marées aussi irrégulières que celles du Rio de La Plata, où une semaine lunaire est un temps trop court pour éliminer les perturbations et pour les ramener à l'état normal.

Pour la même raison, les vitesses de propagation indiquées sur le diagramme ont peu de valeur, mais elles servent à montrer que l'influence des facteurs astronomiques dans ces marées est petite, et cela par la ressemblance des chiffres obtenus dans une semaine avec ceux de la suivante, bien que l'une soit une semaine de syzygie et l'autre une semaine de quadrature.

Le plan nº 23 se rapportant au mois de février est beaucoup plus complet. Pour le diagramme de la moyenne mensuelle, on peut faire la même observation que ci-dessus, tout en prenant note de la différence des deux routes, l'une par le Canal Buenos Aires et l'autre par le Nuevo Canal. On voit clairement que la marée est retenue par les barres, mais, une fois qu'elle les a surmontées, elle entre dans les canaux et se meut avec une vitesse plus grande.

Cet effet se montre particulièrement dans le Canal Buenos Aires, où la barre del Globo produit une diminution plus grande dans le mouvement de marée et une accélération plus grande dans le Canal après la barre passée.

Dans le diagramme des «Aguas vivas», qui indique la moyenne de deux semaines, on observe une concordance plus notable avec la moyenne mensuelle. Les vitesses plus grandes obtenues pour la propagation de la marée entre Montevideo et Punta Piedras, sans être tout à fait absurdes, ne sont évidemment pas exactes, car la marée ne se propage pas de cette façon.

Afin de donner une ideée plus complète de la propagation de la marée du Rio de La Plata, on a établi les courbes des marées. (Voir les plans nº 24 et 25.)

Dans ce but, on a calculé les intervalles moyens entre les marées maxima et minima à Buenos Aires et aux autres points d'observation. En supposant que la marée moyenne à Buenos Aires atteindra son maximum en douze heures, nous avons pu trouver les heures des maxima à tous les points d'observations. De cette manière, on a fixe l'heure du maximum à Buenos Aires et à tous les autres points.

Il a été possible de construire des courbes pour chaque demi-heure par des interpolations entre les points d'observation. Sur le plan nº 24, on voit celles de la première quinzaine de 1900, celles pour le mois entier n'ayant pu être établies, faute d'observations

dans le Nuevo Canal. Le plan n° 25 montre la même courbe pour le mois entier de février. Dans tous les deux, on voit l'influence du fond sur la propagation de la marée. Elle est beaucoup plus rapide le long de la côte Argentine que sur la côte orientale, où elle est retenue par le Banco Ortiz.

Les feuilles montrent les résultats très divers dans le voisinage de Martin Garcia. En décembre, la propagation était transversale aux canaux, bien qu'en février elle l'ait suivi. Cette différence est sans doute due à l'effet des vents qui exercent une influence si importante sur le régime de l'estuaire.

Afin de montrer les anomalies trouvées dans l'étude de la propagation des marées, les plans n^{os} 26 et 27 ont été dressé pour les mois de décembre 1900 et de février 1901, pour les quatre stations: Buenos Aires, Colonia, Punta Indio et Montevideo.

Les vents qui modifient le régime n'étant pas les plus forts, mais les plus constants, il a été fait pour chaque point un diagramme de «duration», en prenant le nombre total d'heures de vent dans une direction donnée, avec aussi un diagramme de «vitesse moyenne par heure» de chaque vent. Ces diagrammes montrent la concordance des directions des vents et leurs résultantes pour les deux mois dans l'estuaire entier, excepté à Colonia, où la résultante de «duration» est du Sud-Est au mois de décembre et de l'Est en février. A ce facteur il faut attribuer en grande partie la différence observée dans les plans des courbes de marée.

Il a été aussi fait une étude spéciale des courants. Les plans ont été dressés de telle sorte qu'ils montrent instantanément le courant de surface de la rivière et les heures de marée moyenne.

Les trajectoires faisant angle droit aux courbes de niveaux, et indiquant les directions des gradients maxima sont censées indiquer la direction des courants.

F. SEGOVIA, E. L. CORTHELL,
INGÉNIEURS CIVILS,
Délégués du Gouvernement Argentin au IX^{e} Congrès international de Navigation.

Düsseldorf, Juillet 1902.

AMM. PROV. DI TORINO
N° 15933
BIBLIOTECA